Lane Medical Library

Aus dem Hygienischen Institut der Universität Halle (Saale)
Direktor Professor Dr. Schmidt

Studien über den Kohlenoxydgehalt der Zimmerluft bei Heizung mit Verschlusskachelöfen

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät
der Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Hans-Ulrich Pesch

aus Merseburg

Halle (Saale)
Ostdeutsche Druckerei und Verlagsanstalt Inhaber Otto Jung
1930

Referent Prof. Dr. Schmidt
Direktor des Hygienischen Instituts der Universität Halle (Saale).

In Dankbarkeit
meinen lieben Eltern gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154019_0377

Studien über den Kohlenoxydgehalt der Zimmerluft bei Heizung mit Verschlußkachelöfen.

Noch vor wenigen Jahrzehnten gehörte die Kohlenoxydvergiftung durch Kachelöfen, namentlich durch solche mit Verschlußklappen, zu regelmäßig vorkommenden Erscheinungen. Oft wurden Menschen nachts im Schlafe von diesem giftigen Gas überrascht und morgens tot aufgefunden. Wenn auch in letzter Zeit die Möglichkeit dieser Vergiftung durch die bessere Qualität der Öfen (Fortfall der Klappe) und durch die günstigeren Abzugsverhältnisse eine bedeutend geringere geworden ist, so konnte die Gefahr mit Sicherheit bisher nie ausgeschaltet werden. Von großem Interesse wäre es nun, festzustellen, ob und in welchen Mengen die hier landesüblichen Verschlußkachelöfen Kohlenoxydgase austreten lassen und ob nicht die Möglichkeit nur geringer Schädigungen oder gar einer allmählichen chronischen Vergiftung gegeben ist. Und gerade nach dem letzten harten Winter, nach dem die Öfen sehr verbraucht sein dürften, schien die Gelegenheit für solche Versuche sehr günstig zu sein.

Wie bekannt, spielt bei dieser Vergiftung schon ein ganz geringer Gehalt der Luft an Kohlenoxyd eine bedeutende Rolle. Die Ursache hierfür liegt daran, daß die Affinität des Kohlenoxyds zum Hämoglobin 200 mal größer ist als die des Sauerstoffs. Darauf beruht die Gefahr der Einatmung schon ganz geringer Mengen Kohlenoxyd. Doch nicht dieses Prinzip allein ist maßgebend, sondern auch mit der Massenwirkung ist zu rechnen. Hier kommt es auf das Mengenverhältnis von Kohlenoxyd und Sauerstoff an. So

wird eine Hämoglobinlösung, die man mit einem Gasgemisch schüttelt, in dem der Sauerstoff das Kohlenoxyd an Menge stark überwiegt, viel mehr Sauerstoff aufnehmen als Kohlenoxyd[1]). Aber in praxi ist selbst unter diesen Umständen das Kohlenoxyd nicht unbedenklich, da sich Kohlenoxydhämoglobin bildet, das sehr schwer dissoziierbar ist, bedeutend schwerer als Sauerstoffhämoglobin.

Neben der Konzentration des Kohlenoxyds in der Luft spielt aber auch die Dauer der Einatmung eine wichtige Rolle. So wird eine geringe Menge Kohlenoxyd, längere Zeit eingeatmet, genau so schädlich oder noch schädlicher wirken können als eine größere Menge kürzere Zeit. Man hat beide Faktoren, Konzentration und Zeit, auf eine einfache Formel gebracht: $P = C \cdot T$; C gibt den Prozentgehalt des Kohlenoxyds in der Luft und T die Einatmungsdauer in Minuten an. Beträgt das Produkt aus Zeit und Konzentration 3, dann treten gewöhnlich keine Erscheinungen auf. Ist das Produkt gleich 6, dann sind leichte Kopfschmerzen, Schläfrigkeit und Unwohlsein die Folgen. Bei 9 treten schon Erbrechen, Somnolenz, schwere Kopfschmerzen usw. auf und bei 15 kann sich schon eine schwere unter Umständen sogar letale Vergiftung ereignen[2]). Dabei ist von Interesse, wieviel Hämoglobin vom Kohlenoxyd gebunden wird und wie groß die Konzentration in der Luft ist, damit Vergiftungserscheinungen auftreten. Hier kann angenommen werden, daß bei einer Konzentration von 0,05% in der Atemluft im allgemeinen noch keine Erscheinungen hervortreten, vorausgesetzt, daß sie nicht viele Stunden lang eingeatmet wird. Bei solch kleinen Mengen Kohlenoxyd ist höchstens die Möglichkeit geringer Störungen in der Ernährung der Gewebe gegeben, die durch das minderwertige Blut veranlaßt werden. Bei einem Gehalt von 0,15—0,2% treten schon bedrohliche Vergiftungserscheinungen auf und bei einem Gehalt von 0,4—0,5% ist der Tod sehr wahrscheinlich. Dabei muß aber

[1]) Aschoff, Pathologische Anat. Allg. Teil, S. 111. Jahrg. 1923, Verl. G. Fischer, Jena.

[2]) Henderson, Yandell, Brit. Med. Journ. 1926, Nr. 3393, S. 41—46.

daran erinnert werden, daß die Menge des sich bildenden Kohlenoxyd-Hämoglobins bei verschiedenen Menschen nie eine konstante Größe darstellt, sondern von vielen zum Teil unübersehbaren individuellen Umständen abhängig ist. 30% Hämoglobin sind bei einem Gehalt von 0,05% an Kohlenoxyd gebunden. Die Hälfte des Blutfarbstoffs ist durch Kohlenoxyd fixiert, wenn eine Luft, die 0,21% Kohlenoxyd enthält, ungefähr eine Stunde lang eingeatmet wird. Bei einem Prozentsatz von 70% Kohlenoxyd-Hämoglobin — bei 0,4—0,5% kohlenoxydhaltiger Atmungsluft und nach 20—30 Minuten Einatmung — ist der Tod gewiß[3]).

Nach den neuesten Untersuchungen[4]) hat man auch den CO_2-Gehalt der eingeatmeten Luft zu berücksichtigen. Bei gleichem CO-Gehalt ist kohlensäurereiche Luft dem CO_2-Gehalt entsprechend giftiger als Luft mit normalem Gehalt an Kohlensäure. Dies erklärt sich einmal durch die die Atemtätigkeit anregende Wirkung der Kohlensäure und dann dadurch, daß gewöhnlich mit vermehrtem CO_2-Gehalt der Luft die Sauerstoffmenge entsprechend abnimmt. Um diese giftigkeitserhöhende Wirkung der Kohlensäure in CO haltigen Gasgemischen auch zahlenmäßig ausrechnen zu können, hat man folgende Formel aufgestellt:

$$G = \frac{\%\,CO_2 \cdot \%\,CO \cdot 500}{\%\,O_2} \text{ d. h.}$$

Der Giftigkeitskoeffizient (G) eines CO_2-CO-Luftgemisches ist gleich dem Produkt aus den Prozentzahlen der Kohlensäure und des Kohlenoxyds dividiert durch die Prozentzahl des Sauerstoffs. Um zu übersichtlichen Werten zu gelangen, wird das Ganze noch mit 500 multipliziert.

Wie kommt es nun zu einer Kohlenoxydvergiftung? Hier sind so viel Möglichkeiten im täglichen Leben, in industriellen und chemischen Betrieben, auf der Straße und im Haushalt

---

[3]) Lewin, Kohlenoxydvergiftung, S. 122—123. Jahrg. 1921, Verl. Jul. Springer, Berlin.

[4]) Archiv für Hygiene, Bd. 102. Jahrg. 1929. Vgl. die Arbeit von Dr. W. Deckert „Zur Beurteilung der Giftigkeit kohlenoxydhaltiger Luft".

gegeben, daß sich diese unmöglich alle erschöpfend darstellen lassen. Ich erwähne nur das Leuchtgas, Wassergas, Generatorgas, Sprengstoffgase und die Auspuffgase von Benzin-, Benzol- und Petroleummotoren, weil diese praktisch den häufigsten Anlaß zu einer Kohlenoxydvergiftung geben. Weiterhin ist aber auch die Vergiftung durch Ofengase von großer Bedeutung. Auf die genaueren Einzelheiten und auf die Frage, ob und wann Verschlußkachelöfen Kohlenoxyd austreten lassen, soll später eingegangen werden. Vorher möchte ich noch die Möglichkeiten des Nachweises des Kohlenoxyds in der Zimmerluft auseinandersetzen.

Hierbei hat man prinzipiell qualitative und quantitative Untersuchungsmethoden zu unterscheiden, die allerdings oft ineinander übergehen, d. h. bei denen die quantitativen oft nur die Fortsetzung der qualitativen darstellen. Ich werde zuerst die bei meinen Versuchen angewandten qualitativen Methoden im Zusammenhang anführen und danach die quantitativen.

I. Die qualitativen Untersuchungsmethoden.

1. Der bekannteste Nachweis des Kohlenoxyds beruht darauf, daß Kohlenoxyd und Hämoglobin zusammen Kohlenoxyd-Hämoglobin ergeben, welches spektroskopisch nachgewiesen werden kann. Man leitet also kohlenoxydverdächtige Luft durch eine möglichst verdünnte Blutlösung. Die Blutlösung muß sehr verdünnt sein, weil, wenn nur geringe Mengen Luft mit Kohlenoxyd vorhanden sind, das wenige gebildete Kohlenoxyd-Hämoglobin von dem im Übermaß vorhandenen Sauerstoff-Hämoglobin vollständig verdeckt wird. Wie bekannt liegen die Absorptionsstreifen für beide im Spektrum sehr dicht beieinander und überdecken sich teilweise. Deswegen hat man die Methode modifiziert. Setzt man zu der Blutlösung Schwefelammon oder ein anderes Reduktionsmittel hinzu, dann wird Sauerstoff-Hämoglobin durch dieses zu reduziertem Hämoglobin verwandelt, das einen anderen Absorptionsstreifen liefert. Kohlenoxyd-Hämoglobin wird durch solche Reagenzien nicht reduziert. Dann

kann man auch der zu untersuchenden Luft, bevor sie mit der Blutlösung in Berührung kommt, den Sauerstoff entziehen, indem man sie vorher durch eine alkalische Pyrogallollösung leitet. Jetzt ist die Möglichkeit der Bildung von Sauerstoff-Hämoglobin eine geringere und damit der von Kohlenoxyd-Hämoglobin nach dem Massengesetz eine größere geworden. Hierdurch wird auch der Nachweis von geringen Mengen Kohlenoxyd ein feinerer. Diese Methode gestattet einen Nachweis bis zu 2,5 $^0/_{00}$ Kohlenoxyd in der Luft.

2a. Der Nachweis mit einer Palladiumchlorürlösung. Durch das in der Luft enthaltene Kohlenoxyd wird eine Lösung von Palladiumchlorür reduziert und freies Palladium ausgeschieden. Die Lösung schwärzt sich[5]):

$$Pd\,Cl_2 + H_2O + CO = CO_2 + 2\,HCl + Pd$$

Genau dasselbe erreicht man auch mit Palladiumchlorürpapier, das angefeuchtet werden muß und nun auch, wenn Kohlenoxyd in der Luft vorhanden ist, durch denselben chemischen Vorgang der Reduktion geschwärzt wird. Spitta hat hier noch eine kleine Modifikation angegeben.

2b. Er nimmt eine Palladiumammoniumchlorürlösung und tränkt Streifen von photographischem Rohpapier (Rives-Papier) nur an ihrem einen Ende mit dieser Lösung. Auch hier wird durch die Bräunung oder Schwärzung des Papiers die Reduktion und damit das Vorhandensein von Kohlenoxyd in der Luft bewiesen[6]). Bei beiden Methoden muß aber die Luft vorher noch durch Lösungen von Bleizucker und Schwefelsäure streichen, um Ammoniak, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure auszuschließen, die auch mit dem Palladiumchlorür reagieren. Beide Methoden sind sehr genau und fein und sollen wenigstens bis zu einem Gehalt von 0,05 $^0/_{00}$ Kohlenoxyd gehen.

3. Sehr gut und fein ist noch der Nachweis von Kohlenoxyd nach Fodor. Hier ist die Absorption des Kohlenoxyds

---

[5]) Treadwell, Kurzes Lehrbuch der anal. Chem., 2. Bd., S. 676.

[6]) Spitta, Grundriß der Hygiene, S. 350. Jahrg. 1920, Verlag Jul. Springer, Berlin.

durch das Blut und die Reduktion durch Palladiumchlorürlösung sehr zweckmäßig miteinander verbunden. Man schüttelt 10—20 Liter der zu untersuchenden Luft mit einer nicht zu sehr verdünnten Blutlösung 15—20 Minuten lang. Dann wird die Blutlösung in ein Kölbchen gebracht und sofort erhitzt, indem man gleichzeitig nun frische, reine Luft durchleitet, die vorher durch eine Palladiumchlorürlösung und hinterher durch eine Bleizuckerlösung, verdünnte Schwefelsäure und wieder durch eine Palladiumchlorürlösung streicht. Tritt nun in diesem letzten Kölbchen mit der Palladiumchlorürlösung eine Schwärzung ein, dann wird damit zuverlässig die Anwesenheit von Kohlenoxyd in der untersuchten Luft nachgewiesen. Tritt dagegen schon in der ersten Palladiumchlorürlösung eine Schwärzung auf, dann muß der Versuch abgesetzt werden; denn dann enthält ja die Luft, die nur zum Austreiben des Kohlenoxyds aus dem Blute benutzt wird, schon Kohlenoxyd oder andere reduzierende Substanzen. Bei dieser Versuchsanordnung muß aber berücksichtigt werden, daß das Blut sofort nach der Absorption des Kohlenoxydgehaltes erhitzt und daß das Durchsaugen der Luft mindestens 3—4 Stunden lang fortgesetzt wird. Mit dieser Methode gelingt es bei Benutzung einer 10-Liter-Flasche noch einen Teil Kohlenoxyd auf 20000 Teile Luft aufzufinden[7]).

II. Die quantitativen Untersuchungsmethoden.

1. Man kann sich mit Palladiumchlorürpapier eine Eichungstabelle herstellen. In Flaschen von bestimmtem Inhalt bringt man fallende Mengen Kohlenoxyd und das angefeuchtete Palladiumchlorürpapier und stellt fest, innerhalb welcher Zeit Bräunung und Schwärzung eintritt. Untersucht man nun irgendeine verdächtige Luft auf Kohlenoxyd und findet, daß am Palladiumchlorürpapier z. B. nach 3 Stunden eine Schwärzung auftritt, dann kann man an Hand seiner

[7]) Arch. f. Hygiene, Bd. 1. Vgl. die Arbeit von Gruber, S. 149. Jahrg. 1883.

Tabelle schätzungsweise die Menge des vorhanden gewesenen Kohlenoxyds feststellen[8]).

Liefert diese Methode auch nur Approximativwerte, so gibt sie doch einen sehr guten Anhalt und ist besonders für den praktischen Gebrauch, wenn man sich einen ungefähren Überblick über eventuell vorhandene Mengen Kohlenoxyd verschaffen will, sehr zu empfehlen.

2. erwähne ich, als beste quantitative Methode zur genauen Analyse die Jodpentoxydprobe von Nicloux[9]).

Wenn ich mich nun meinem Thema, ob Verschlußkachelöfen Kohlenoxyd durchlassen können, näher zuwende, so tauchen besonders zwei Fragen auf. 1. Welche Faktoren spielen bei der Möglichkeit des Hindurchtretens von Kohlenoxyd überhaupt eine Rolle? 2. Müssen die Öfen alt, zerfeuert und zerfallen sein, damit Kohlenoxyd entweichen kann, oder ist dies vielleicht auch bei einwandfreien Öfen möglich? Bevor ich auf die erste Frage näher eingehen kann, muß ich noch auseinandersetzen, ob die Art und damit die Wertigkeit des Brennstoffes bei der Bildung von Kohlenoxyd eine Rolle spielt und wie es überhaupt zur Kohlenoxydbildung kommt.

Alle unsere Brennstoffe bestehen im wesentlichen aus Kohlenstoff. Daneben kommen noch Wasserstoff, Schwefel, Sauerstoff, Stickstoff, mineralische Bestandteile und Wasser vor. Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel verbrennen, die anderen Substanzen nicht. Je älter die geologische Formation des Brennstoffes ist, desto mehr Kohlenstoff enthält er. Stets aber überwiegt der Kohlenstoff an Menge bei weitem alle übrigen brennbaren Bestandteile. Besitzt ein Brennstoff große Mengen Kohlenstoff, dann ist auch die Möglichkeit gegeben, daß er mehr Kohlenoxyd entwickelt als ein kohlenstoffarmer. Also der Wert eines Brennstoffes, der ja von seinem Gehalt an Kohlenstoff abhängig ist, spielt bei der Bildung von Kohlenoxyd eine große Rolle.

---

[8]) Lewin, Kohlenoxydvergiftung, S. 86—87. Jahrg. 1920, Verlag Jul. Springer, Berlin.

[9]) Archiv f. Hygiene, Bd. 46. Vgl. die Arbeit von Spitta, S. 288, Jahrg. 1903.

Der Kohlenstoff kommt nun in den verschiedenen Brennstoffen in zwei Formen vor. Entweder ist er in freier Form vorhanden oder an Wasserstoff gebunden, und kommt dann im wesentlichen gasförmig zur Verbrennung. Werden nun Brennstoffe erhitzt, so geben sie Schwelgase ab, sie entschwelen oder sie entgasen. Diese Entgasung führt zur Verbrennung des an Wasserstoff gebundenen Kohlenstoffs mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd. Weiterhin sind aber in den Schwelgasen noch Teer, Teerwasser und Leuchtgas vorhanden. Und in letzterem kommt ja auch Kohlenoxyd vor. Die Leuchtgasbildung bei der Entschwelung eines Brennstoffes geschieht in besonders großem Maße bei unvollständiger Sauerstoffzufuhr. Ist ein Brennstoff entschwelt, dann bleibt Koks zurück, in dem der Kohlenstoff nur noch in freier Form, also nicht an Wasserstoff gebunden, vorhanden ist. Dieser freie Kohlenstoff kann jetzt noch vergasen. Es kommt mit Sauerstoff zur Bildung von Kohlenoxyd, welches nur dann, wenn noch ein Luftüberschuß vorhanden ist, zu Kohlendioxyd verbrennt. Bei jeder vollständigen Verbrennung muß im Ofen ein Luftüberschuß vorhanden sein, denn dieser ist auf die Ausnutzung von Brennstoffen von wesentlichem Einfluß. Die Bildung von Kohlenoxyd in Verschlußkachelöfen hängt ab:

1. Von der Temperatur im Füllraum. Je höher diese ist, desto größer ist der Gehalt des gebildeten Gases an Kohlenoxyd und desto kleiner die Menge der gebildeten Kohlensäure[10]).

2. Von der Schichthöhe des Brennstoffes. Denn je höher die Schicht des Brennstoffes ist, desto größer ist der Widerstand für die eintretende und durchstreichende Luft. Mit dem größeren Widerstand aber wird die Menge der Verbrennungsluft und damit auch des Luftüberschusses eine geringere. Es kommt zu einer unvollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes, also zur Bildung von Kohlenoxyd[11]).

---

[10]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 50—52. Jahrgang 1922, Verl. Albert Lüdtke, Berlin SW 29.

[11]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 50—52.

3. Von der Stückgröße und Dichte des Brennstoffes. Ist ein Brennstoff kleinstückig und porös, so besitzt er damit auch eine große Oberfläche. Je größer aber die Oberfläche eines Brennstoffes, also die Angriffsfläche für Sauerstoff ist, desto mehr Kohlenoxyd muß gebildet werden. Denn dann wird der größte Teil des in der Verbrennungsluft enthaltenen Sauerstoffes schon zur Bildung von Kohlenoxyd benutzt, damit der Luftüberschuß ein geringerer und daher die Möglichkeit, dies Kohlenoxyd weiter zu Kohlendioxyd zu verbrennen, eine kleinere. Es kommt also zu einer unvollständigen Verbrennung, die um so größer ist, je kleinstückiger und poröser der Brennstoff ist[12]).

4. Von der zugeführten Luftmenge. Bei der Besprechung dieses Punktes komme ich nun auch gleich zur Auseinandersetzung meiner am Anfang dieses Kapitels gestellten ersten Frage, welche Faktoren bei der Möglichkeit des Hindurchtretens von Kohlenoxyd durch den Ofen eine Rolle spielen. Die Menge der zugeführten Luft wird natürlich bestimmt von der Zugstärke, die im Kamin herrscht. Diese aber kann durch viele Ursachen sehr ungünstig beeinflußt werden. So ist die Zugstärke im Kamin einmal abhängig von der Temperatur der Heizgase; je wärmer sie sind, desto schneller steigen sie nach oben und desto stärker ist dadurch auch der Zug im Kamin[13]). Andererseits kann die Temperatur der Heizgase zu niedrig sein, wenn diese im Kamin zu stark abgekühlt werden oder wenn sie mit zu geringer Temperatur in den Kamin eintreten. Hierbei spielt der Weg eine große Rolle, den die Heizgase nehmen müssen, bevor sie in den Schornstein gelangen. So sind lange Ofenrohre, Leitungen durch ungeheizte Zimmer sehr unzweckmäßig; Denn hier gehen bedeutende Wärmemengen an die Umgebung verloren[14]). Weiterhin ist für die Zugstärke sehr wichtig die Höhe des Kamins, da die Zugstärke mit der Höhe des Kamins in gleichem Maße zunimmt. Andererseits darf aber die Kamin-

---

[12]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 50—52.
[13]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 3.
[14]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 4—6.

höhe gewisse Grenzen nicht überschreiten, weil dann die Abkühlung der Gase im Kamin und der eigene Kraftverbrauch durch den Kamin selbst ein zu großer wird[15]). Dann müssen die Menge der in einen Kamin eingeleiteten Feuerstellen und der Querschnitt des Kamins sehr berücksichtigt werden. Werden zu viel Feuerstellen in einen Kamin eingeleitet, so wird die Reibung der verschiedenen Heizgassäulen untereinander und an der Kaminwand eine zu große. Damit nimmt der Gesamtkraftverbrauch im Kamin zu und die Geschwindigkeit des Luftstroms im Kamin und somit auch die Zugstärke im Ofen ab. Aus demselben Grunde soll auch der Querschnitt eines Kamins nie zu eng sein. Doch auch zu weite Querschnitte sind unangebracht, weil dann die Heizgase den Kamin nicht richtig ausfüllen, kalte Luftmassen von außen her in den Schornstein fallen, die Heizgase abkühlen und zu Wirbelungen Anlaß geben, die auf die Zugstärke des Kamins nur von schlechtem Einfluß sind[16]). Nach einer Denkschrift des Hafner- und Kaminkehrergewerbes in München sollen in einen Kamin nie mehr als zwei Feuerstellen eingeleitet werden[17]). Auch Querschnittsänderungen des Schornsteins sind auf die Zugstärke von maßgebender Wirkung. Diese können dadurch zustande kommen, daß Ziegel im Kamin herausfallen oder in das Lumen des Kamins hereinragen oder daß auf dem Kamin Rohrstutzen von kleinerem Querschnitt angebracht sind. Durch diese Querschnittsänderung stauen sich die Heizgase an den Vorsprüngen, es kommt zu Wirbelbildungen, zu größerer Reibung und zu einer Verminderung des Zuges[18]). Weiterhin ist, abgesehen von der vorhin angeführten absoluten Höhe des Schornsteines, besonders bei schräg abfallenden Dächern sehr wichtig, ob der Schornstein über den First des Hauses hinausragt oder nicht. Denn tut er das nicht und fegt der Wind in bestimmter Richtung über den First des Hauses hinweg, dann fängt er sich in dem Winkel, der von dem abfallenden Dach und dem

[15]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 7.
[16]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 10—12.
[17]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 10—12.
[18]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 22—23.

aufsteigenden Kamin gebildet wird, fängt an zu wirbeln und wird über die Mündung des Schornsteins hinweg in diesen hereingedrückt. Hierdurch tritt nicht nur eine Verminderung der Zugstärke ein, sondern die Heizgase können durch den in den Schornstein hereingedrückten Wind direkt in den Ofen zurückgedrängt werden und nun durch Ritzen und Fugen, die in diesem vorhanden sind, austreten[19]). Der Ofen fängt an zu rauchen! Hiermit wäre schon eine Möglichkeit gegeben, bei der Kohlenoxyd in die Zimmerluft übertreten kann. Im allgemeinen kommt aber nur eine zugfördernde Wirkung in Frage, wenn der Wind senkrecht über die Mündung des Kamins streicht[20]). Jedoch bei böigem Wetter ist sehr wohl die Gelegenheit gegeben, daß der Wind in den Kamin hineinfegt und die Heizgase in den Ofen zurückdrängt, so daß diese dann in die Zimmerluft übertreten. Weiterhin sind die Schornsteine sehr oft an ihrer Mündung abgedeckt. Diese Abdeckungen besitzen im allgemeinen eine sehr gute Saugwirkung. Steigen aber die Abdeckungsflächen stark an, ist also der Winkel zwischen der Wagerechten und der ansteigenden Abdeckungsfläche ein großer, so kann der Wind auch hier eine zurückstoßende Wirkung in den Kamin ausüben. Außer diesen offenen Abdeckungen werden sehr oft geschlossene verwandt, die mit zwei oder vier Seitenöffnungen versehen sind. Manchmal besitzen diese Seitenöffnungen auch Gleitflächen. Auch bei diesen geschlossenen Abdeckungen, besonders wenn sie vier Seitenöffnungen besitzen, kann der Wind sich verfangen, in den Schornstein fegen, und damit Heizgase aus dem Ofen austreten lassen[21]). Dann spielen für die Zugstärke im Kamin die Temperatur- und Barometerverhältnisse eine sehr wichtige Rolle; denn je heißer die Außenluft ist, desto geringer ist der Auftrieb der Schornsteinluft. Ähnliches gilt vom stark fallenden Barometerstand, da die Ofengase eine Ausdehnung erfahren und besonders bei

---

[19]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 24—26.

[20]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 23.

[21]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 27—30.

schlechtem Zug austreten. Im Zusammenhang damit möchte ich nur darauf hinweisen, daß auch die Sonnenbestrahlung einen schädlichen Einfluß auf den Kaminzug besitzen kann. Weiterhin ist evtl. sehr ausschlaggebend für die Zugstärke das Vorhandensein von Falschluft im Kamin. Darunter versteht man das Eintreten von Luft nicht durch die Heizungsanlage des Ofens, sondern durch Risse in den Abführungsrohren oder durch Defekte im Kamin selbst[22]). Sind diese Fehler große, so kann selbstverständlich im Schornstein die Zugstärke eine ausgezeichnete sein, während im Ofen sehr schlechter oder überhaupt kein Zug vorhanden ist. Auch der Ruß gibt einen sehr wesentlichen Faktor für die Zugstärke im Ofen und im Kamin ab. Er entsteht durch unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes. Denn tritt im Ofen Luftmangel auf, so verbrennt zuerst der Wasserstoff. Ein Teil des Kohlenstoffs aber bleibt vollkommen unverbrannt und wird als Ruß ausgeschieden[23]). Dieser kann nun zur Verstopfung von Ofenrohren und damit zu einer Verminderung des Kaminzuges Veranlassung geben. Zuletzt möchte ich noch den Einfluß des Rostes anführen. Dieser kann einmal durch Glührückstände zum Teil oder vollkommen verschlackt sein, so daß die Luft nur ungenügenden Zutritt hat; andererseits kann der Rost zu groß oder zu klein sein. Ein zu großer Rost wird nie zu einer unvollständigen Verbrennung führen können, wohl aber ein zu kleiner Rost. Denn der Widerstand, den die Luft findet ist um so größer, je kleiner die Rostfläche ist[24]). Hieran anschließend möchte ich noch erwähnen, daß nicht nur bei einem Überdruck im Kamin, also wenn der Wind in den Schornstein hereinfegt und die Heizgase direkt durch die Ritzen und Fugen des Ofens herausdrückt, eine Verunreinigung der Zimmerluft mit Kohlenoxyd eintreten kann, sondern auch bei allen vorher angegebenen Gelegenheiten der Verminderung der Zugstärke kann einmal ein Zustand eintreten, bei dem die Zugstärke im Kamin gleich Null wird. Infolgedessen kann auch im Ofen kein Zug mehr

[22]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 20—21.
[23]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 55—56.
[24]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 17—18.

vorhanden sein. Besitzt der Ofen nun Ritzen und Fugen, so können durch diese jetzt die entwickelten Gase glatt hindurchgehen und die Zimmerluft vergiften. Läuft in solch einem Raum noch ein Ventilator, so werden, wenn keine andere Eintrittsstelle für Luft vorhanden ist, die Heizgase unmittelbar aus dem Ofen angesaugt.

Wenn man sich jetzt noch einmal die Möglichkeiten der Bildung und des Austretens von Kohlenoxyd durch Verschlußkachelöfen vergegenwärtigt, dann muß man heutzutage auch nach Fehlen der Ofenklappen ohne weiteres die Möglichkeit einer Kohlenoxydvergiftung zugestehen. Gleichzeitig wird aber auch klar, daß es bei der Fülle der Möglichkeiten sehr schwierig, ja nahezu unmöglich werden kann, die Ursachen eines schlechten Kaminzuges festzustellen. Weiterhin geht aus dem Vorhergesagten hervor, daß ein Ofen manchmal rauchen und zu anderer Zeit wieder eine gute Zugstärke besitzen kann; denn viele Faktoren, die den Ofen zum Rauchen bringen, wie böige Luft, schlechte Temperatur- und Barometerverhältnisse usw., sind ja nicht immer vorhanden, sondern geben nur unter besonders ungünstigen Verhältnissen zum Rauchen Anlaß. Andererseits aber wird ein Ofen wegen Falschluft, zu kleinen Rostes oder Verstopfung durch Ruß wohl regelmäßig rauchen. Zum Schluß dieses Kapitels bringe ich noch eine Tabelle, die am besten die Verhältnisse zwischen Zugstärke, Luftüberschuß und der Bildung von Kohlenoxyd angibt und die den Feuerungsversuchen des Vereins für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg entnommen ist[25]):

	Versuche			
	I	II	III	IV
Zugstärke i. Kamin	13,9 mm WS[26])	17,2 mm WS	20,7 mm WS	23,8 mm WS
Luftüberschuß . .	1,12	1,55	2,03	2,10
Kohlenoxydgehalt der Heizgase	0,60 %	0,02 %	0,01 %	0,00 %

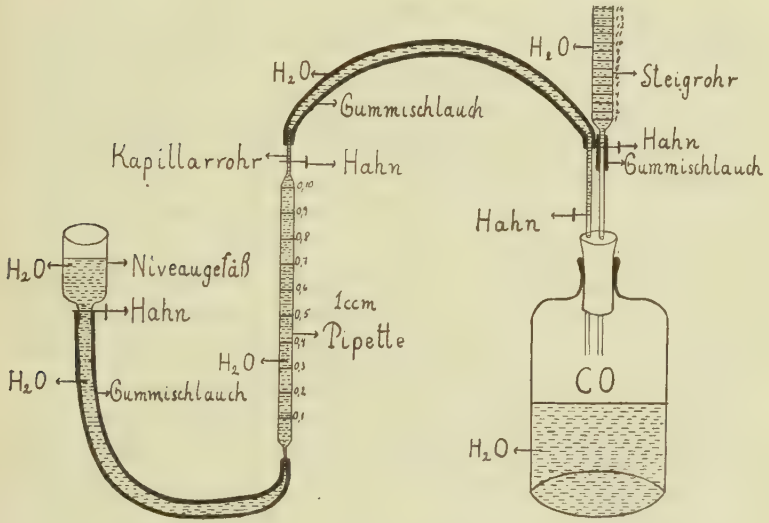
[26]) WS. = Wassersäule.

[25]) J. Riedl, Feuerungs- und Heizungstechnik, S. 54—55.

Auch aus dieser Tabelle geht hervor, welch' immense Wirkung die Zugstärke auf die Bildung von Kohlenoxyd ausübt.

Nachdem ich alle diese Punkte erläutert habe, komme ich zur eigentlichen Untersuchung der Öfen. Zunächst kam es mir nur darauf an, nachzuweisen, ob überhaupt Kohlenoxyd aus den Öfen herauskommt. Hierfür kam praktisch nur eine einfache qualitative Untersuchungsmethode in Frage. Am besten schien für diese Zwecke der Nachweis mit Palladiumchlorürpapier zu sein; denn dieses ist einmal käuflich zu haben, andererseits läßt sich das Reagenzpapier nach den Angaben von Spitta leicht herstellen. Anstatt des photographischen Rohpapiers nahm ich feines Filtrierpapier (zur quantitativen Analyse Nr. 590 von Schleicher & Schüll, Düren [Rheinland]) und tauchte dieses mit einem Ende in eine Palladiumammoniumchlorürlösung (Präparat Kahlbaum) ein. Durch die verhältnismäßig kleine mit der Palladiumammoniumchlorürlösung benetzte Oberfläche des Papierstreifens wird die Schwärzung schon durch geringe Mengen Kohlenoxyd eine ziemlich intensive. Diese Papierstreifen, die dann in die Flaschen gehängt wurden, besaßen eine Länge von 7,5—8,5 cm und eine Breite von 1 cm. Um quantitativ arbeiten zu können, mußte das Papier zuerst geeicht werden. Das hierzu nötige Kohlenoxyd wurde durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Ameisensäure hergestellt. Das bei dieser Reaktion entstehende Kohlenoxyd fing ich in einer Flasche unter Wasser auf. Diese besaß an ihrer Öffnung einen doppelt durchbohrten Stopfen, der einmal mit einem gläsernen Steigrohr in Verbindung stand, das ungefähr einen Durchmesser von 1 –2 cm besaß, 1 m lang und mit Wasser gefüllt war. Dieses Steigrohr wurde als Druckgefäß benutzt; denn durch Ablassen des Wassers konnte auf das in der Flasche befindliche Kohlenoxyd ein entsprechender Druck ausgeübt werden. Die andere Öffnung des Stopfens war an eine Pipette und letztere wiederum an ein Niveaugefäß angeschlossen. An die Spitze der Pipette war eine Kapillarröhre mit Hahn angeschmolzen. Durch Ablassen von Wasser und durch Senken des Niveaugefäßes wurde das

Kohlenoxyd aus der Flasche in die Pipette teils hereingedrückt, teils hereingesaugt, alles natürlich unter Luft-Ab- und Ausschluß. War die Pipette mit Kohlenoxyd gefüllt, dann wurde der Hahn geschlossen, das Kapillarrohr in den Hals der zu eichenden Flasche gebracht und durch Heben des Niveaugefäßes unter Öffnung des Hahnes die nötige Menge Kohlenoxyd in die Flasche hereingebracht (siehe Zeichnung). Bei Benutzung einer in 100 Teilstriche einge-



teilten 1 ccm-Pipette ließen sich Mengen von 0,1 ccm auf ± 0,01 ccm Genauigkeit dosieren. Da nicht anzunehmen war, daß im täglichen Leben von den Öfen größere Mengen Kohlenoxyd abgegeben wurden, wählte ich als höchste Menge Kohlenoxyd die Schädlichkeitsgrenze, also einen Gehalt von 0,05% Kohlenoxyd in der Luft. Von dieser Menge wurde dann die Luft in den Flaschen in fallenden Dosen verdünnt und zwar ging ich nicht weiter als bis zu einem Gehalt von 0,005%, denn nach der am Anfang der Arbeit angeführten Formel $P = C \cdot T$ müßte diese Menge schon über 10 Stunden lang eingeatmet werden, um irgendwelche Erscheinungen auszulösen. Weiterhin würde die Zeitdauer, innerhalb

welcher eine Reduktion eintritt, eine zu lange werden, um eine noch feinere Eichskala zu erhalten. Des Vergleichs und der Sicherheit wegen wurde jeder Versuch zweimal angesetzt und selbstverständlich bei jeder Eichung ein Kontrollversuch mit der in dem Untersuchungszimmer vorhandenen Luft gemacht. Geeicht wurden das käufliche und das mit der Palladiumammoniumchlorürlösung befeuchtete Filtrierpapier. Nebenstehend die Ergebnisse dieser Versuche:

Alle Kontrollversuche fielen negativ aus.

Beim Vergleich beider Tabellen fällt sofort auf, daß die Reaktionszeit bei beiden Papieren ungefähr dieselbe ist. Wenn bei den geringen Mengen Kohlenoxyd diese manchmal etwas weiter auseinanderliegt, so ist das leicht erklärlich; denn es ist unmöglich, solche kleinen Mengen ganz genau in die Flaschen hinein zu bekommen. Weiterhin geht aus den Tabellen hervor, daß dieses Papier sehr fein, genau und besonders auch sehr schnell auf Kohlenoxyd reagiert. Denn, wenn bei einem Prozentgehalt von nur 0,005% Kohlenoxyd in der Luft schon nach durchschnittlich 3 Stunden eine Reaktion eintritt, so ist der Nachweis ein ziemlich feiner.

Bei jeder Untersuchung auf Kohlenoxyd ist es wichtig, zu wissen, ob die Ofentüre zugeschraubt wurde, wenn die Kohlen noch unverbrannt waren oder wenn sie glühen oder wenn sie schon abgebrannt sind. Man darf nicht etwa denken, daß im Haushalt der Ofen immer geschlossen wird, wenn die Kohlen glühen; viele Menschen, wie ich aus eigenem Bekanntenkreise weiß, schließen den Ofen schon, wenn noch unverbrannte Brennstoffe vorhanden sind, aus dem einfachen Grunde, weil dann die Hitze im Ofen länger anhält. Daher wurde auch jeder Ofen dreimal untersucht und zwar ungefähr ½ – 1½ Stunden, nachdem die Ofentüre bei unverbrannter, glühender oder abgebrannter Kohle zugeschraubt war. Schon jetzt wird man sich sagen können, daß bei abgebrannter Kohle kaum oder nur sehr wenig Kohlenoxyd gebildet wird, bei glühender Kohle dies sehr wohl der Fall sein kann und bei unverbrannter Kohle die Möglichkeit am größten ist; denn hier ist die Kohle noch nicht einmal entgast, d. h. hier sind noch nicht einmal die Schwelgase

Eichungstabelle des käuflichen $PdCl_2$-Papiers.

Inhalt der Flasche l	Gehalt a. Kohlenoxyd %	Menge CO f. d. Inhalt d. Flasche ccm	Zeit d. Ansetzung d. Versuchs h	Zeit der Schwärzg. d. Papiers h	innerhalb welcher Zeit positiv? Min.
2,48	0,05	1,24	11 57	12 06	9
2,54	0,05	1,27	11 59	12 09	10
2,48	0,04	0,99	10 44	10 55	11
2,54	0,04	1,02	10 16	10 30	14
2,54	0,02	0,51	11 07	11 31	24
2,63	0,02	0,53	11 02	11 23	21
2,50	0,01	0,25	12 43	13 22	39
2,45	0,01	0,245	12 44	13 16	32
2,55	0,005	0,13	11 34	14 49	195
2,63	0,005	0,13	11 33	14 49	196

Eichungstabelle des mit der Palladiumammoniumchlorürlösung getränkten Filtrierpapiers.

Inhalt der Flasche l	Gehalt a. Kohlenoxyd %	Menge CO f. d. Inhalt d. Flasche ccm	Zeit d. Ansetzung d. Versuchs h	Zeit der Schwärzg. d. Papiers h	innerhalb welcher Zeit positiv? Min.
2,48	0,05	1,24	6 57	7 06	9
2,54	0,05	1,27	6 55	7 06	11
2,48	0,04	0,99	9 59	10 11	12
2,54	0,04	1,02	10 05	10 17	12
2,54	0,02	0,51	10 14	10 33	19
2,63	0,02	0,53	10 16	10 37	21
2,50	0,01	0,25	10 26	11 00	34
2,45	0,01	0,245	10 24	11 16	52
2,55	0,005	0,13	10 54	19 03	249
2,63	0,005	0,13	10 39	12 44	125

abgezogen. Weiterhin darf nicht die Luft um den Ofen untersucht werden, sondern nur die über dem Ofen; denn das Kohlenoxyd das eine Dichte von 0,96702 hat, also leichter als Luft ist, steigt nach oben. Die Luft über dem Ofen

wurde nun mit einem Blasebalg in $2^1/_2$-Liter-Flaschen gepumpt und dann sofort das Palladiumchlorürpapier hineingehängt. Hierbei konnte ich annehmen, daß mit 100 Blasebalgschlägen alle ursprüngliche Luft aus den Flaschen verdrängt und durch die über dem Ofen befindliche ersetzt war. Im ganzen habe ich 42 Kachelöfen auf diese Weise untersucht und dabei gefunden, daß bei unverbrannter Kohle zwei einwandfrei positiv und sieben fraglich positiv und bei glühender Kohle sechs fraglich positiv waren. Bei abgebrannter Kohle waren alle Versuche negativ, wie es ja auch nicht anders zu erwarten war. Hierzu möchte ich noch bemerken, daß sich unter diesen 42 Öfen vollkommen zerfeuerte, weniger zerfeuerte, aber auch ganz einwandfreie befanden. Die angegebenen Zahlen sind also nur als Durchschnittswerte zu betrachten. Dennoch fällt sofort auf, daß bei unverbrannter Kohle, wie ich ja auch oben bereits betont habe, am ehesten die Möglichkeit des Hindurchtretens von Kohlenoxyd gegeben ist, während diese bei glühender Kohle eine geringere ist und bei abgebrannter Kohle kaum in Frage kommt. Wenn ich nun diese 42 Öfen in ihrer Beschaffenheit genauer differenziere, so möchte ich sie einteilen in

1. vollkommen zerfeuerte und dem Zerfalle nahestehende,
2. mit Ritzen und Fugen versehene, aber noch brauchbare und
3. in einwandfreie Kachelöfen.

Bei dieser Differenzierung ergibt sich für die Qualität des Ofens in bezug auf das Hindurchtreten von Kohlenoxyd folgendes Bild, wie aus den folgenden drei Tabellen zu ersehen ist.

Bei Betrachtung der ersten Tabelle scheint es erstaunlich, daß nur ein fraglich positiver Ofen gefunden wurde. Denn, wenn man sich überlegt, daß es sich hier um zerfeuerte und dem Zerfall nahe Öfen handelt, und noch die erste Versuchsanordnung mit unverbrannter Kohle hinzunimmt, also beides Möglichkeiten, bei denen einmal Kohlenoxyd besonders stark gebildet wird und andererseits besonders gut

I. Vollkommen zerfeuerte und dem Zerfall nahestehende Kachelöfen.

Anzahl der Öfen	mit unverbrannter Kohle		mit glühender Kohle		mit abgebrannter Kohle		Bemerkungen
	+	−	+	−	+	−	
4	? 1	3		4		4	Ein 5. Ofen, der nur bei glühender Kohle untersucht wurde, ergab ein ? + Resultat.

II. Mit Ritzen und Fugen versehene, aber noch brauchbare Kachelöfen.

Anzahl der Öfen	mit unverbrannter Kohle		mit glühender Kohle		mit abgebrannter Kohle		Bemerkungen
	+	−	+	−	+	−	
29	? 6		? 5				2 Öfen, die nur bei glühender Kohle untersucht wurden, ergaben ein negatives Resultat.
einwandfrei	1	22		24		29	

III. Einwandfreie Kachelöfen.

Anzahl der Öfen	mit unverbrannter Kohle		mit glühender Kohle		mit abgebrannter Kohle		Bemerkungen
	+	−	+	−	+	−	
6	1	5	? 1	5		6	

austreten kann, dann sollte man eigentlich annehmen, daß ein größerer Prozentsatz von Öfen positiv wäre. Bei einem von diesen vier Öfen waren die Ritzen und Fugen sogar

so groß und weit, daß man durch diese hindurch direkt das Feuer brennen sah; aber auch hier hatte die Untersuchung, obwohl ich dieselbe mehrere Male wiederholt habe, immer ein negatives Ergebnis. Bei dem einen fraglich positiven Ofen war die Reaktion sehr schwach und erst nach ungefähr 20 Stunden eingetreten. Bei diesen fraglich positiven Reaktionen habe ich die Möglichkeit, daß auch schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, die ja auch aus dem Ofen austreten können, das Palladiumchlorürpapier schwärzen, unberücksichtigt gelassen. Denn einmal muß unter den Gasen, die die fraglich positive Reaktion veranlaßt haben, aller Wahrscheinlichkeit nach immer am meisten Kohlenoxyd vorhanden sein, da dieses ja besonders stark gebildet wird. Andererseits läßt eine fraglich positive Reaktion, die erst nach 20 Stunden eintritt, auf so geringe Mengen Kohlenoxyd schließen, daß es gar keinen Wert hat, den Ofen nochmals unter Ausschaltung aller anderen Reduktionsmöglichkeiten daraufhin zu untersuchen und schließlich kann man nie mit Sicherheit sagen, daß derselbe Ofen auch das nächste Mal Gase hindurchtreten läßt. Die Gründe hierfür habe ich ja früher auseinandergesetzt. Bei glühender Kohle war ein fraglich positiver Ofen vorhanden. Das ist leicht erklärlich, denn hier wird ja auch Kohlenoxyd gebildet und die Verhältnisse für das Hindurchdiffundieren der Gase sind sicherlich recht günstige gewesen. Also schon aus dieser ersten Tabelle kann man vielleicht den Schluß ziehen, daß ein Ofen gar nicht zerfeuert und dem Zerfall nahe sein muß, um Kohlenoxyd austreten zu lassen.

Die zweite Tabelle bestätigt dies noch mehr. Unter den 29 untersuchten Öfen befinden sich 1 einwandfreier und 6 fraglich positive bei unverbrannter und 5 fraglich positive bei glühender Kohle. Dabei ist es sehr interessant, daß der Ofen, der bei unverbrannter Kohle einwandfrei positiv war, bei glühender Kohle ein vollkommen negatives Ergebnis hatte. Auch hieran sieht man wieder, wie weit die Grenzen für das Austreten von Gasen zu ziehen sind, und wie die maß-

gebenden Faktoren eigentlich sämtlich nur auf äußeren Verhältnissen beruhen. Die positive Reaktion trat hier nach 10 Stunden ein, würde also auch einer winzig kleinen Menge von Kohlenoxyd entsprechen. Dabei möchte ich bemerken, daß bei diesem Versuch der Ofen regelrecht stank, rauchte und qualmte. Aus den Ritzen und Fugen sah man hin und wieder kleine Rauchwölkchen herauskommen. Wenn dennoch die Reaktion so gering ausfiel, so möchte ich das auf die Tatsache zurückführen, daß in unserer Gegend mit Braunkohlenbriketts geheizt und aus diesen bedeutend weniger Kohlenoxyd gebildet wird als aus Steinkohlen. Natürlich wurde hier der Versuch noch einmal unter Vorschaltung einer Bleizuckerlösung wiederholt, um schweflige Säure und Schwefelwasserstoff auszuschalten. Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe habe ich hierbei unberücksichtigt gelassen, denn die Apparatur ist hierfür eine kompliziertere. Man muß wenigstens die Fodorsche Methode ausführen, und das war bei diesen in der Stadt untersuchten Öfen aus technischen Gründen nicht möglich. Andererseits sind die Mengen der ungesättigten Kohlenwasserstoffe dermaßen klein, daß man sie praktisch weglassen kann, und schließlich habe ich bei einem anderen Ofen, der auch ein positives Ergebnis brachte und wo mir die Gelegenheit dazu gegeben war, diese Methode ausgeführt. Also auch nach Vorschaltung der Bleizuckerlösung hatte ich eine positive Reaktion, die diesmal aber erst nach 15 Stunden eintrat. Der gleichzeitig ausgeführte Kontrollversuch ohne die Bleizuckerlösung war auch nach derselben Zeit positiv. Bei abgebrannter Kohle waren alle 29 Öfen negativ.

Ganz verblüffend sind nun die Ergebnisse bei einwandfreien Öfen, wie aus der dritten Tabelle ersichtlich ist. Von den 6 untersuchten Öfen ist einer einwandfrei positiv bei unverbrannter und einer fraglich positiv bei glühender Kohle. In beiden Fällen handelt es sich um denselben Ofen, der keinerlei Ritzen und Fugen besaß und erst vor kurzer Zeit gesetzt war. Da ich dies Ergebnis selbst anfangs nicht für möglich hielt, untersuchte ich den Ofen noch mehrere Male und immer wieder trat eine positive Reaktion ein.

Dabei war das Papier beim ersten Male nach 3 Stunden etwas und nach 8 Stunden vollkommen geschwärzt. Es handelt sich also hier nicht gerade um erhebliche Mengen von durchgetretenen Heizgasen, aber es ist ja immerhin die Möglichkeit gegeben, daß bei der ersten besten Gelegenheit größere Mengen entweichen. Bei diesem Ofen wiederholte ich die Versuche zuerst unter Ausschluß von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure. Alle wiederholten Versuche wurden mit unverbrannter Kohle angesetzt. Dabei füllte ich eine Flasche mit Wasser und ließ dieses wieder ablaufen. In eine andere Flasche, die an ihrer Mündung einen doppelt durchbohrten Stopfen besaß, pumpte ich Luft mit dem Blasebalg, alles unter Vorschaltung einer Bleizuckerlösung. Hierbei trat in beiden Flaschen eine positive Reaktion auf, aber diesmal erst nach 12 Stunden. Auch der Kontrollversuch ohne die Bleizuckerlösung war nach derselben Zeit positiv. Bei einer zweiten ebenso ausgeführten Versuchsreihe war die Reaktion völlig negativ und beim dritten und vierten Male hatte ich wieder ein positives Ergebnis, doch erst nach 20 Stunden. Jetzt mußten noch die ungesättigten Kohlenwasserstoffe mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Hierzu kam nur der Fodorsche Versuch in Betracht. Zunächst wurde die Verläßlichkeit dieser Methode im Verhältnis zum Palladiumchlorürpapier geprüft, denn alle früheren Versuche waren ja mit diesem Papier angesetzt worden. Zu diesem Zwecke beschickte ich 2½-Liter-Flaschen auf dieselbe vorher geschilderte Weise mit 0,13 ccm und dann mit 0,26 ccm Kohlenoxyd. Damit hatte ich in der einen Flasche einen Prozentgehalt von 0,005% und in der anderen Flasche von 0,01% Kohlenoxyd. Der erste Fodorsche Versuch fiel negativ, der zweite stark positiv aus. Hierdurch war der Nachweis erbracht, daß die Empfindlichkeit der Fodorschen Methode in bezug auf 2½-Liter-Flaschen zwischen 0,005% und 0,01% lag und nicht so fein wie die mit dem Palladiumchlorürpapier war. Da ich gemäß den vorher geschilderten Versuchen mit dem Palladiumchlorürpapier bei diesem Ofen erst eine positive Reaktion nach durchschnittlich 12—20 Stunden erhalten hatte, und demnach die in der Luft

befindliche Menge Kohlenoxyd unter 0,005% liegen mußte, hätte ich mit der Fodorschen Methode bei Anwendung von 2½-Liter-Flaschen bestimmt einen negativen Ausfall bekommen. Aus diesem Grunde nahm ich jetzt eine 10-Liter-Flasche und pumpte in diese die über dem Ofen befindliche Luft. Dadurch wurde die in der Flasche befindliche absolute Menge Kohlenoxyd im Verhältnis zu den 2½-Liter-Flaschen ungefähr um das Vierfache vermehrt und damit war schon eher die Möglichkeit eines positiven Ausfalles der Reaktion gegeben. Die in diese 10-Liter-Flasche gepumpte Luft wurde dann mit 200 ccm einer 1 : 10 verdünnten Hammelblutlösung 15—20 Minuten lang geschüttelt und darauf der Versuch angesetzt. Gleichzeitig führte ich aber auch mit dem Hammelblut allein diesen Fodorschen Nachweis aus; denn es konnte ja möglich sein, daß in diesem schon etwas Kohlenoxydhämoglobin vorhanden war. Weiterhin wurde die Luft auch unter Vorschaltung einer Bleizuckerlösung mit Palladiumchlorürpapier auf Kohlenoxyd untersucht und ein Kontrollversuch ohne Bleizuckerlösung gemacht. Der Versuch mit dem Hammelblut allein fiel negativ aus, während alle anderen ein positives Ergebnis brachten. Beim Palladiumchlorürpapier trat die Reaktion sowohl mit als ohne Bleizuckerlösung nach 20 Stunden ein. Nachdem bei der Fodorschen Versuchsanordnung vier Stunden lang unter gleichzeitigem Erhitzen des Blutes frische Luft durchgeleitet war, zeigte auch hier die zweite Palladiumchlorürlösung eine dunklere Färbung, während die erste unverändert war. Vorher besaßen natürlich beide Lösungen denselben Farbenton. Dann wurde diese zweite Palladiumchlorürlösung durch einen Filter gegossen und, nachdem die Lösung abgelaufen war, sah man auf dem Filter überall einen dünnen Belag von metallischem reduziertem Palladium. Damit war einwandfrei der Nachweis erbracht, daß es sich hier um Kohlenoxyd handelt mußte. Weiterhin war durch diese Versuche auch bewiesen, daß die durchgetretenen Heizgase zum allergrößten Teil nur Kohlenoxyd enthielten, während Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und besonders ungesättigte Kohlenwasserstoffe fast auszuschließen waren. Auf

eine genaue quantitative Bestimmung habe ich verzichtet; denn es konnte sich nach den Ergebnissen dieser Versuche nur um ganz geringe Mengen von Kohlenoxyd handeln, die für eine akute Vergiftung praktisch nicht mehr in Frage kommen. Wohl aber habe ich versucht, einen ungefähren Anhalt für die Menge des Kohlenoxyds zu gewinnen. Hierzu habe ich nochmals den Fodorschen Versuch angesetzt, indem ich in die 10-Liter-Flasche 0,26 ccm Kohlenoxyd brachte. Diese Menge würde also einem ungefähren Prozentgehalt von 0,0025% entsprechen. Der Versuch selbst fiel negativ aus. Damit war festgestellt, daß es sich in der über dem Ofen befindlichen Luft um einen Prozentsatz von Kohlenoxyd handeln mußte, der zwischen 0,0025% und 0,01% lag und mehr nach 0,0025% hinneigte. Denn bei 0,01% habe ich ja schon in der 2½-Liter-Flasche eine stark positive Reaktion nach Fodor bekommen. Es schien von Interesse festzustellen, warum dieser Ofen eigentlich Heizgase durchtreten ließ. Die Zugstärke, die mit einer in den Feuerraum hineingehaltenen Kerze geprüft wurde, — eine allerdings sehr rohe Methode —, war keine besonders große. Die Schornstein- und Rostverhältnisse waren einwandfrei. Dann wurde der Ofen gereinigt und dabei zeigte sich, daß überaus große Mengen Ruß aufgespeichert waren und den Ofen weitgehend verstopft hatten. Darauf war das Hindurchtreten von Heizgasen zurückzuführen, denn alle nach dieser Reinigung angestellten Versuche waren ohne Erfolg.

Aus all diesen Versuchen geht hervor, daß einmal sehr wohl Kohlenoxyd aus den Verschlußkachelöfen entweichen kann, daß diese aber nicht zerfeuert oder zerfallen sein müssen, sondern daß dies genau so bei völlig einwandfreien Öfen möglich ist. Und das ist ja auch selbstverständlich. Denn genau so wie ein einwandfreier Ofen, wenn er geschlossen ist, noch genug Zugstärke besitzt, um seine Brennstoffe zu Asche zu verbrennen, genau so ist es möglich, daß durch die noch so gut und fest geschlossene Ofentür oder durch nicht sichtbare kleinste Ritzen des Ofens Heizgase hindurchdringen. Das wesentliche Moment, worauf es

bei diesem Entweichen von Gasen ankommt, liegt also nicht in der Beschaffenheit des Ofens selbst, sondern nur in der Zugstärke und in all' den Faktoren, die auf die Zugstärke einen ungünstigen Einfluß ausüben können, und die ich früher geschildert habe. Daß aber ein zerfeuerter und mit vielen Ritzen versehener Ofen bei geringer Zugstärke bedeutend größere Mengen Kohlenoxyd hindurchtreten lassen wird als ein einwandfreier Ofen, ist selbstverständlich. Denn in diesem Fall ist ja der Widerstand, der den Heizgasen geboten wird, ein viel geringerer. Abschließend möchte ich noch betonen, daß man bei jeder Anlage eines Kachelofens gut tut, besonders darauf zu achten, daß die günstigsten Bedingungen für einen guten Zug im Kamin und im Ofen geschaffen werden.

Lebenslauf.

Hans-Ulrich Pesch, Sohn des Landesinspektors Hugo Pesch und seiner Ehefrau Elsbeth, geb. Pusch, wohnhaft in Merseburg, ev. Konfession, wurde geboren am 9. November 1906 zu Lissa i. Posen. Er besuchte von Ostern 1913 bis Ostern 1916 die dortige Volksschule, von Ostern 1916 bis Juli 1920 das dortige staatliche Comenius-Gymnasium, von Juli 1920 bis Ostern 1921 das staatliche Gymnasium in Celle i. Hannover, von Ostern 1921 bis Weihnachten 1923 das städtische Gymnasium in Görlitz, und von Weihnachten 1923 bis Ostern 1925 das staatliche Gymnasium in Merseburg (Saale). Nach bestandener Reifeprüfung bezog er die Universität Halle (Saale) um Medizin zu studieren. Im Mai 1927 legte er in Halle (Saale) die ärztliche Vorprüfung ab. Von den klinischen Semestern absolvierte er das S.-S. 1927 in Halle (Saale), das W.-S. 1927/28 in Göttingen und den Rest der klinischen Semester wieder in Halle (Saale), wo er mit Ende des W.-S. 1929/30 sein medizinisches Staatsexamen ablegte.

Die vorliegende Arbeit wurde am hygienischen Institut der Universität Halle (Saale) unter gütiger Erlaubnis von Herrn Prof. Dr. Schmidt ausgeführt, dem der Verfasser hierdurch seinen geziemendsten Dank sagt.